Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 69-84
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86464

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۸۴-۶۹، نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر رسوب ریزگرد و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم

سیامک رنجبر[۱]، محمداقبال قبادی[۲]* و مختار قبادی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی؛ siaranj@yahoo.com
۲- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی
۳- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی؛ m.ghobadi@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۴/۲۰، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
رنجبر، س.، قبادی، م.ا.، و قبادی، م. ۱۴۰۰. تأثیر رسوب ریزگرد و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۸۴-۶۹.

چکیده

یکی از مشکلات رسوب ریزگردها بر روی سطح برگ گیاهان، کاهش شدت نور وارده می باشد. از این‌رو، به منظور بررسی اثر ریزگردها و شدت نور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی نخود رقم بیونیج، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل شدت نور (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد شدت نور طبیعی) و رسوب ریزگردها در مرحله شروع گلدهی و بدون رسوب ریزگرد بودند. نتایج نشان داد که از مرحله گلدهی به بعد میزان خسارت رسوب ریزگردها به عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، کربوهیدرات‌های محلول و کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴/۵، ۱۶/۸، ۱۵/۴، ۱۳/۵، ۲۱/۷، ۱۰/۷، ۱۸/۸ و ۲۴/۶ درصد بود. اثر کاهش شدت نور در تیمار بدون ریزگرد بین شدت نورهای کامل و ۷۵ درصد تفاوت معنی‌داری بر صفات عملکرد زیست‌توده عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته ایجاد نکرد ولی از ۵۰ درصد تا صفر درصد این مقادیر کاهش داشتند؛ اگرچه، در تیمار رسوب ریزگردها با کاهش شدت نور از ۱۰۰ درصد، مقادیر این صفات کاهش معنی‌داری داشتند. هم رسوب ریزگردها و هم کاهش شدت نور اثرات شدیدی بر کارآیی مصرف آب گیاه نخود ایجاد کردند. بر این اساس، دامنه تغییرات برای کارآیی مصرف آب بین ۱/۲۳ تا ۰/۶۱ گرم ماده خشک به ازای هر واحد مصرف آب به‌ترتیب در تیمارهای نور کامل (شاهد)+بدون ریزگرد و با شدت نوری صفر (بدون شدت نور مستقیم)+ریزگرد به‌دست آمد. در کل، نتایج نشان داد که رسوب ریزگردها روی سطح برگ گیاه نخود، عملکرد دانه این گیاه را معادل کاهش ۵۰ درصدی شدت نور کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی؛ کارآیی مصرف آب؛ کربوهیدرات‌های محلول

مقدمه

ذرات گرد و غبار[۲] با قطر بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۱ میلی‌متر در هوا پدیده گرد و غبار[۳] را تشکیل می‌دهند که می‌توانند بیشتر در اثر وزش بادهای بهار و تابستان به مناطق مختلف منتقل شوند (Wang *et al.*, 2006). پیش‌بینی شده است که بین ۰/۵ تا ۵ میلیارد تن ذرات در اندازه‌های متفاوت به صورت ریزگرد از طریق طوفان‌های گردوغباری به نقاط دیگر دنیا منتقل می‌شوند (Escudero *et al.*, 2007).

بزرگترین منبع تولید ریزگرد در دنیا بیابان‌های صحرایی ساهارا[۴] در آفریقاست که حدود ۷۰ درصد طوفان‌های دنیا را تشکیل می‌دهند و سالانه ۷۰۰ میلیون تن گردوغبار وارد اتمسفر می‌کنند. از این مقدار حدود ۵۰ درصد به مناطق دوردست منتقل می‌شوند (Prospero & Lamb, 2003). منابع مهم دیگر بیابان‌های عربستان و چین می‌باشند (Xuan *et al.*, 2004). اما نزدیک‌ترین کانون‌های ریزگرد به ایران،

* نویسنده مسئول: eghbalghobadi@yahoo.com

۲. Dust
۳. Floating dust
۴. Sahara

صحراهای سوریه، عراق و عربستان هستند (Shahsavani *et al.*, 2011).

ذرات بسیار ریز خاک (رسی و سیلتی) و آلاینده‌های صنعتی و شهری شامل کارخانه‌های سیمان (ذرات سیمان با قطر حدود ۱۰ میکرون است)، گچ، دانه‌بندی شن و ماسه[۱]، آرد، بوجاری روزانه سیلوهای ذخیره غلات، تردد ماشین‌آلات سبک و سنگین در جاده‌های خاکی، دود اتومبیل و سوختن مشتقات نفتی نیروگاه‌ها و غیره ترکیبات گرد و غباری را به‌وجود می‌آورند (Tanaka & Chiba, 2006; Goudie & Middleton, 2006; Tegan *et al.*, 1997; Sadeghiravesh & Khorasani, 2009; Shao *et al.*, 2011;).

این گردوغبار و یا ریزگردها هم سلامت انسان و هم تولیدات کشاورزی را تهدید می‌کنند. ریزگردها به شکل‌های مختلف به گیاهان خسارت وارد می‌کنند. ابتدا با ورود از طریق روزنه‌ها (اغلب روزنه‌ها قطری حدود ۳۰ میکرون دارند) به سیستم فتوسنتزی آسیب می‌زنند و سپس با رسوب بر سطح برگ باعث کاهش نور رسیده به برگ شده و با تغییر در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و تغییر در دمای برگ و کاهش عملکرد کوانتومی (Sayyahi *et al.*, 2016) باعث کاهش تولید مواد پرورده شده و با بسته‌شدن روزنه‌ها، تشدید فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌ها و بروز آفات و بیماری‌ها (Emberson *et al.*, 2001; Najafi *et al.*, 2014)، در نهایت رشد و عملکرد را دچار مشکل می‌کنند (Wang *et al.*, 2006; Johnson & Hale, 2004).

میزان خسارت ریزگردها به نوع گیاه، رقم، ویژگی‌های سطح برگ گیاه، مدت ماندگاری ریزگرد بر روی برگ، مرحله رشدی گیاه که ریزگرد روی سطح برگ می‌ماند، نوع ریزگرد و سرعت باد، میزان ضخامت رسوبات ریزگرد بر روی برگ و رژیم آبیاری بستگی دارد (Doley & Sivakumar, 2005; Norouzi *et al.*, 2016; Rossato, 2010;).

موقعی که ریزگردها بر سطح برگ گیاه رسوب کنند، اسیمیلات‌ها بیشتر برای توسعه ریشه و ساقه مصرف می‌شوند و سطح برگ افزایش نمی‌یابد. این تأثیر، در مناطق خشک شدیدتر بوده و همچنین میزان آب نسبی برگ به‌علت افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق از سطح برگ کاهش می‌یابد (Rai *et al.*, 2013).

در بررسی اثرات خسارت ریزگردها بر محصولات زراعی مطالعاتی توسط محققان صورت گرفته است. رسوب ریزگردها روی برگ گندم باعث کاهش کلروفیل و آسیب به بافت برگ و در نتیجه کاهش وزن خشک گندم شده است (Chauhan & Joshi, 2010).

اثرات ریزگردهای کارخانه‌های سیمان و دانه‌بندی شن و ماسه بر روی گیاهان و درختان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که اثر ریزگرد بر گونه‌های کاشته‌شده اطراف کارخانه سیمان (ترکیب قلیایی) باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، تغییر در اسیدینه شیره سلولی و تسریع در حذف شاخه‌های جوان شده است (Kumar & Thambavani, 2012). اثر ریزگردهای کارخانه‌های دانه‌بندی شن و ماسه بر گیاه برنج نیز در مراحل اولیه رشد باعث کاهش ۱۵ درصدی جوانه‌زنی، ۲۸ درصدی کلروفیل، ۱۰ درصدی کربوهیدرات کل، ۷ درصدی پروتئین و در نهایت ۸ درصدی عملکرد گیاه گردیده است (Sharma & Kumar, 2016). همچین اثر ریزگردها بر تعدادی از گونه‌های درختان نشان داده است که علاوه بر این که در همه آن‌ها مقدار کلروفیل کاهش و اسید اسکوربیک افزایش داشته است، نسبت کاهش بین آن‌ها متفاوت بوده است (Prajapati & Tripathi, 2008).

ریزگردهای موجود در اتمسفر، نور خورشید را پراکنده کرده و تأثیر بسیار مهمی بر شدت نور و نسبت تابش فعال فتوسنتزی به کل تابش خورشیدی دارند و به پدیده گلخانه‌ای و گرمترشدن هوا کمک می‌کنند (Jacovides *et al.*, 2004). در اوایل بهار که دما افزایش می‌یابد، تابش نور خورشید نیز مقداری دمای برگ را افزایش داده و در کل مقدار فتوسنتز افزایش می‌یابد. اما در شرایطی که رسوب ریزگردها اتفاق بیفتد، مقدار دما از حد تحمل بیشتر شده و باعث افزایش تنفس و کاهش رشد و عملکرد می‌شوند (Wijayratne *et al.*, 2009). هر قدر اندازه ریزگردها کوچک‌تر باشد، تأثیرات مخرب تر و سایه بیشتری خواهند داشت. علاوه بر آن، از روزنه‌های ریز برگ وارد سیستم فتوسنتزی می‌شوند، اما ریزگردهای با اندازه‌های بزرگ‌تر فقط سطح رویی را می‌پوشانند (Prajapati, 2012).

شدت نور معمولاً بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر دارد. در آزمایشی روی دو رقم گندم اثرات شدت نور با ایجاد سایه‌اندازی در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که سایه‌اندازی بر عملکرد ماده خشک و تجمع و تخصیص مواد به دانه بر دو رقم تأثیر منفی داشته است، ولی رقمی که دارای سنبله و اندازه دانه بزرگ‌تری بوده است، به سایه‌اندازی حساس‌تر بوده است. با این حال، تعداد دانه در سنبله و وزن تک‌دانه، کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است و لذا پیشنهاد شده است که در مناطقی که شدت نور پایین است، برای داشتن عملکرد پایدار، از ارقامی استفاده شود

۱. Stone crashed dust

که دارای سنبله کوچک‌تر و دانه ریزتری باشند (Wang *et al.*, 2003).

بـر اسـاس آخـرین اطلاعـات موجـود در سـال زراعـی ۹۷-۱۳۹۶، در بین حبوبات، استان کرمانشاه، رتبه اول را از نظر سطح زیرکشت و میزان تولیـد نخـود بـه خـود اختصـاص داده اسـت. در ایـن سـال، اسـتان دارای سـطح زیرکشـت ۱۵۹۹۸۸ هکتـار و تولیـد ۷۳۸۲۰ تـن بـوده اسـت (Ahmadi *et al.*, 2019). از نظر فنولوژیک، در گیاه نخود، به‌دلیل داشـتن کـرک زیاد در سطح برگ (Sajja *et al.* 2017)، گرد و غبار بیشـتری نسبت به سایر گیاهان رسوب کرده و مانـدگاری آن نیـز بیشـتر است و لذا خسارت بیشتری وارد می‌گردد. از طرفی، سطح قابل توجهی از مزارع دیـم اسـتان کرمانشـاه بـه کشـت نخـود دیـم اختصاص دارد. این اراضـی دیـم عـلاوه بـر ایـن‌کـه در معـرض ریزگردهای وارده از کشورهای همسایه قرار دارند، تحـت تـأثیر ریزگردهای حاصل از کارخانه‌هـای سـیمان، دانـه‌بنـدی شـن و ماسه، آرد و تـردد ماشـین‌آلات سـنگین در جـاده‌هـای خـاکی منتهی به معادن سنگ که تمام کـوه‌هـا را شـکافته‌انـد و باعـث تخریـب و تولیـد ریزگـرد و همچنـین شـکایت دیمکـاران ایـن مناطق از جمله نخودکاران شده است نیـز قـرار دارد. از طرفـی، در بررسی‌هایی که در استان‌های خوزستان، لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهکیلویـه و بویراحمـد، ایـلام و کرمانشـاه صـورت گرفته، نشان داده شده است که گرد و غبار در ایـن منـاطق بـر تولید محصولات کشاورزی اثر کاهشی داشته است (Norouzi *et al.*, 2018). بـر ایـن اسـاس، شـبیه‌سـازی تـأثیر رسـوب ریزگردها و کاهش شدت نور ناشی از آن و اثرات متقابـل آن‌هـا بر رشد و عملکرد محصول نخود رقم بیونیچ به‌عنوان رقم غالـب منطقه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعـه پژوهشـی پـردیس کشـاورزی و منـابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشـاه بـا موقعیـت جغرافیـایی، طـول ۴۷درجه و ۶ دقیقه و ۱۲ ثانیه و عرض ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳۴ ثانیه، ارتفاع ۱۳۱۸ متر از سـطح دریـا و متوسـط بارنـدگی ۴۸۰-۴۵۰ میلی‌متر با آب و هوای سرد و معتدل در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا گردیـد. مشخصـات میـزان بارنـدگی و دمـا در جـدول ۱ و مشخصـات خـاک محـل آزمـایش قبـل از اجـرا در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- مشخصات دما و بارندگی در محل و سال اجرای آزمایش (سال زراعی۹۶-۱۳۹۵)

Table 1. Temperature and rainfall specifications at site and year of testing (2016-2017)

پارامترها Parameters	ماه (Month) Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) T min (°C)	8.1	5.2	-1.8	-0.9	-3.4	-0.4	3.9	9.0	11.5	17.2
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) T max (°C)	28.4	22.8	11.7	11.0	7.2	14.5	16.4	24.6	31.0	38.6
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) T average (°C)	18.2	14.0	4.9	5.0	1.9	7.0	10.1	16.8	21.2	27.9
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	0.0	1.0	14.4	75.4	80.8	70.0	163.1	54.6	0.3	0.0
میانگین ساعت آفتابی (ساعت در روز) Average sun hours (h day^{-1})	9.6	6.8	6.7	6.6	4.7	6.9	5.3	8.6	12.2	10.8

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil at the examination site

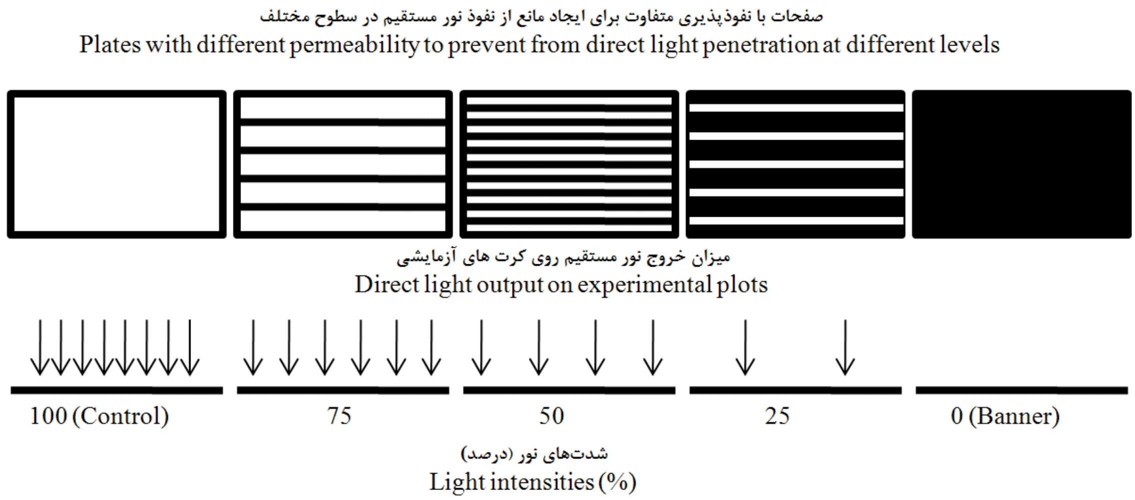
عمق خاک Soil depth (cm)	پتاسیم K_2O (mg kg^{-1})	فسفر P_2O_5 (mg kg^{-1})	نیتروژن Nitrogen (%)	هدایت الکتریکی EC (ec × 10^3)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic Carbon (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	340	12.4	0.011	0.66	7.31	0.12	Clay - Silt
30-60	350	18.4	0.006	0.56	7.41	0.02	Clay - Silt

آزمایش به صورت فاکتوریـل، در قالـب طـرح بلـوک‌هـای کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شد. فاکتورها شامل، اعمـال رسوب ریزگرد (در ابتدای مرحله گلدهی و شاهد) و شدت‌هـای نور (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد شدت نور طبیعی) بـر نخـود رقم بیونیچ اعمال گردید. مرحله گلدهی تقریباً مصادف با شروع تولید انواع ریزگردها در منطقه است. رقم نخود بیونیچ از مرکـز

تحقیقات کشاورزی دیم-سرارود، در کرمانشاه تهیه گردید. این رقم دارای خصوصیات فرم بوته‌ای، دانه درشت، سفید و سریع‌پز و رقم غالب منطقه است و به همین دلیل استفاده گردید. کود نیتروژنه به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در زمان کاشت مصرف شد و کودهای پتاسه و فسفره به‌دلیل کفایت آن در خاک استفاده نشد. کشت در اواخر اسفند ماه ۱۳۹۵ به صورت دیم با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته ۱۳/۵ سانتی‌متر در کرت‌های با طول سه متر با شش ردیف کاشت انجام گردید.

اعمال سایه با بست‌های پلاستیکی مخصوص بسته‌بندی که دارای عرض یک سانتی‌متر بودند، استفاده شد. این بست‌ها با توجه به سطوح سایه‌اندازی بر قاب‌های چوبی که متناسب با عرض و طول کرت‌ها طراحی شده بودند، نصب شدند و جهت اعمال سایه‌اندازی کامل یا همان سطح صفر درصد نور مستقیم، از بنر پلاستیکی استفاده شد. در این تیمار، نور غیرمستقیم از اطراف صفحه بنر به داخل کرت و کانوپی نفوذ داشت و تاریک نبود. بسته به سطوح تیمار درنظرگرفته‌شده، از مرحله گلدهی تا پایان رشد نخود، شدت نور طبیعی تنظیم گردیدند (شکل ۱). بر این اساس، پهنای خطوط یک سانتی‌متر بود و مشکلی برای ورود نزولات ایجاد نکرد. در مدتی که سایه‌اندازی اعمال شد، بیماری خاصی مشاهده نگردید و با برداشتن قاب چوبی که نوارهای سایه‌اندازی روی آن‌ها نصب بودند، وجین با دست صورت گرفت. در چند مورد که بارندگی باعث شستشوی ریزگردها شد، اعمال تیمار، تکرار گردید.

بررسی میزان شدت نور با لوکس‌متر در چهار زمان اندازگیری و در عدد ۰/۰۱۸۵ ضرب و بر حسب میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه (جدول ۳) که مقدار واقعی انرژی نوری را که برای فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌دست آمد (Osram Sylvania, 2000).



شکل ۱- نحوه اعمال تیمارهای شدت های نوری مستقیم بر کرت‌های آزمایشی

Fig. 1. Method of applying direct light intensities treatments on experimental plots

جدول ۳- میزان شدت نور یا جریان فوتون فوتوسنتزی (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) در زمان اجرای آزمایش

Table 3. Light intensity or photosynthetic photon flux (µmols / m²s) during experiment

شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۶ May 5, 2017	۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۶ May 21, 2017	۱۵ خرداد ۱۳۹۶ Jun 5, 2017	۳۱ خرداد ۱۳۹۶ Jun 21, 2017
100	1566	1685	1895	1941
75	1195	1228	1395	1411
50	845	875	966	982
25	476	539	621	645
0	147	151	169	173

برای تهیه ریزگرد، گردهای کنار جاده‌های مزارع، جمع‌آوری گردید و به‌وسیله گردپاش دستی برروی کرت‌ها همزمان با تیمار سایه‌اندازی و در مرحله اوایل گلدهی به‌صورت باز روی کرت‌ها اعمال گردید. میزان ریزگرد مورد استفاده پنج گرم در مترمربع بود (این مقدار، اگر ناشی از طوفان‌های گرد و غبار باشد، مقدار زیادی است، ولی برای مزارع اطراف

کارخانه‌های تولیدکننده ریزگرد، مقدار زیادی نیست). برای کنترل میزان ریزگرد مصرف شده در زمان گردپاشی، کاغذ به ابعاد و وزن مشخص در کف کرت قرار داده و تا رسیدن به وزن مورد نظر (۵ گرم در مترمربع) با دقت (با وزن مرتب کاغذ هنگام گردپاشی) پاشیده شدند.

میزان کلروفیل‌های a، b و کُل و نیز کاروتنوئیدها از روش تغییریافته آرنون (Arnon, 1949) استفاده گردید. با استفاده از این روش، در زمان اواسط پرشدن دانه، ۰/۲۵ گرم برگ تر را در هاون چینی با نیتروژن مایع پودر کرده و با چهار میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد در تاریکی هموژنیزه نموده و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰هزار دور در دقیقه، در نهایت ۲۵۰ میلی‌لیتر از مایع رویی را در چاهک پلیت‌های دستگاه الایزا (EL 808, Bio Tek) قرار داده و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر مقدار جذب نوری را بررسی کرده و از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ مقدار رنگیزه‌ها به میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست می‌آید (Lichtenthaler & Wellburn, 1983):

$$\text{Chllorophyll a} = 12.21\ (A_{663}) - 2.81\ (A_{646}) \quad (۱)$$

$$\text{Chllorophyll b} = 20.13\ (A_{646}) - 5.1\ (A_{663}) \quad (۲)$$

$$\text{Chllorophyll total} = \text{Chl. a} + \text{Chl. b} \quad (۳)$$

$$\text{Carothenoides} = (1000\ A_{470} - 3.27\ [\text{Chl.a}] - 104\ [\text{Chl. b}]/227 \quad (۴)$$

برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل، با کمی تغییر، از روش فنل-اسیدسولفوریک استفاده شد. بر این اساس از ۰/۵گرم نمونه برگی پودر شده در مرحله اواسط پرشدن دانه استفاده گردید. از حلال‌های اتانول ۸۰ درصد و فنول ۰/۵درصد و اسید سولفوریک ۹۸ درصد طی فرایندهای نسبتاً طولانی استفاده و در نهایت، میزان جذب نوری محلول به‌دست‌آمده با دستگاه الایزا در طول موج ۴۸۸ نانومتر ثبت گردید. در این روش از گلوکز برای محلول استاندارد، استفاده شد (Kiniry, 1993).

بررسی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دانه، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (رسیدگی کامل دانه و زردشدن بوته) صورت گرفت و تقریباً تمام کرت‌ها همزمان رسیدند. بدین صورت که بوته‌ها از مساحت یک مترمربع که قبلاً در تراکم ۳۰بوته کنترل شده بود، از سطح خاک کف‌بُر و بعد از خشک شدن کامل توزین و عدد حاصله به‌عنوان عملکرد زیست‌توده در واحد سطح محاسبه گردید. تعداد دانه‌های ۱۰بوته یک کرت شمارش و میانگین آن‌ها محاسبه شدند. وزن۱۰۰دانه نیز با شمارش سه نمونه ۱۰۰تایی به‌دست آمد. عملکرد دانه نیز بعد از کوبیدن بوته‌های یک مترمربع از ساقه و برگ جدا و توزین شدند.

کارآیی مصرف آب[1] بر اساس ماده خشک تولیدی به ازای واحد آب مصرف‌شده برای محصول[2] برآورد گردید (Sarmadnia & Koocheki, 2014):

$$\text{WUE} = 1000_{(g)}/\text{CWP}_{(kg)} \quad (۵)$$

در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد شده و تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و اختلاف میانگین تیمارها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵درصد انجام شد (SAS, 2008).

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده از اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های مختلف نور رسیده بر محصول در ابتدای شروع گلدهی تا رسیدن در سه بخش شامل اثر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، اثر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و اثر بر کارآیی مصرف آب مورد بررسی قرار گرفتند:

الف- اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های نور بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه نخود

نتایج تجزیه واریانس اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های مختلف نور بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد نخود نشان داد که اثر رسوب ریزگردها، شدت‌های مختلف نور و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته، معنی‌دار، اما بر صفات شاخص برداشت و وزن۱۰۰دانه فقط اثر شدت نور معنی‌دار شد (جدول ۴).

عملکرد زیست‌توده در تیمار رسوب ریزگردها نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری داشت. در تیمار شدت نوری ۷۵درصد در شرایط بدون رسوب ریزگردها عملکرد زیست‌توده، ۴/۶ درصد افزایش داشت، ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. در شرایط رسوب ریزگردها بین تیمار شاهد و شدت نوری ۷۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود. اثرات کاهش شدت نور بر عملکرد زیست‌توده در شرایط بدون ریزگرد کمتر (۱۷/۴ تا ۲۷/۹ درصد)، اما بین تیمارهای رسوب ریزگرد بیشتر (بین ۲۴/۵ تا ۵۰/۶ درصد) بود.

اگر فقط اثر رسوب ریزگردها در شرایط نور کامل بررسی شود، ملاحظه می‌گردد که در این آزمایش حدود ۲۴/۵ درصد کاهش عملکرد زیست‌توده اتفاق افتاده است که بسیار قابل‌توجه است (جدول ۵).

۱. Water use efficiency

۲. Crop water productivity

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شدت‌های نور و رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود

Table 4. Analysis of variance (mean squares) of the effect of light intensities and dust deposition on yield and yield components of chickpea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن۱۰۰دانه 100-grain weight	تعداد دانه در بوته No. grain per plant
بلوک Block	2	728.5^{ns}	90.5^{ns}	9.63^{ns}	1.33^{ns}	0.421^{ns}
رسوب ریزگردها (D) Dust deposition (D)	1	161348**	22495**	9.22^{ns}	10.09^{ns}	131.6**
شدت نور (L) Light intensity (L)	4	27427**	9081**	109.7**	21.25**	19.42**
اثرات متقابل D × L Interaction D × L	4	2699**	601*	16.69^{ns}	0.89^{ns}	2.04**
اشتباه Error	18	560.1	197.7	14.0	3.29	0.438
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.6	9.45	10.78	4.94	4.82

ns، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱درصد و ۵درصد

ns, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای رسوب ریزگرد و شدت‌های مختلف نور بر عملکردهای زیست‌توده، دانه و تعداد دانه در بوته نخود

Table 5. Mean comparison of interaction of between dust deposition and different light intensities on biomass, grain and number of seeds per plant of chickpea

تیمارها Treatments		عملکرد زیست‌توده Biological yield		عملکرد دانه Grain yield		دانه در بوته Grain per plant	
رسوب ریزگرد Dust deposition	شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	گرم در مترمربع (g.m^{-2})	درصد نسبت به شاهد (% to control)	گرم در مترمربع (g.m^{-2})	درصد نسبت به شاهد (% to control)	تعداد No.	درصد نسبت به شاهد (% to control)
شاهد Control	100	569.3^{a} ±18.0	100.0	205.9^{a} ±10.9	100.0	16.9^{b} ±0.66	100.0
	75	595.7^{a} ±11.4	104.6	228.8^{a} ±11.6	111.1	18.3^{a} ±0.33	108.2
	50	470.6^{b} ±6.0	82.6	174.8^{b} ±5.3	84.8	15.6^{c} ±0.34	92.3
	25	432.2^{bc} ±12.7	75.9	147.7^{cd} ±7.3	71.7	14.4^{d} ±0.41	85.2
	0	410.2^{cd} ±16.0	72.0	123.5^{d} ±6.1	59.9	13.6^{d} ±0.55	80.4
رسوب ریزگردهاDust	100	430.1^{bc} ±6.1	75.5	171.2^{bc} ±9.2	83.1	14.3^{d} ±0.17	84.6
deposition	75	375.4^{de} ±8.5	65.9	140.7^{d} ±5.9	68.3	12.5^{e} ±0.28	73.9
	50	337.3^{ef} ±5.0	59.2	125.2^{d} ±8.4	60.8	11.2^{f} ±0.16	66.2
	25	320.6^{fg} ±16.3	56.3	93.2^{e} ±5.6	45.2	10.6^{g} ±0.55	62.7
	0	281.3^{g} ±10.2	49.4	76.7^{e} ±5.4	37.2	9.3^{g} ±0.32	55.0
LSD (α= 0.05)		40.6	-	24.1	-	1.13	-

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test);
± Standard error

نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل نشان داد که درصد کاهش عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت، تقریباً دارای روال مشابهی با عملکرد زیست‌توده بود. در شرایط بدون ریزگرد بین سطوح شدت نور ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری برای عملکرد دانه به دست نیامد، ولی سطوح ۵۰، ۲۵ و صفر درصد شدت نوری به ترتیب ۱۵/۱، ۲۸/۳ و ۴۰/۱درصد نسبت به شاهد کاهش داشتند. در شرایط رسوب ریزگردها بین سطوح شدت نوری اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بین ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد میزان عملکرد دانه به ترتیب ۱۶/۱، ۳۱/۷، ۳۹/۲، ۵۴/۷، ۶۲/۷ درصد نسبت به شاهد (تیمار ۱۰۰درصد شدت نور و بدون رسوب ریزگردها) کاهش داشتند. در کل کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون نور مستقیم و رسوب ریزگردها با ۷۶/۷ گرم در مترمربع و بیشترین مربوط به تیمار شاهد و ۷۵ درصد شدت نوری در شرایط بدون ریزگردها به ترتیب با ۲۰۵/۹ و ۲۲۸/۸ گرم در مترمربع به دست آمد (جدول ۵).

تعداد دانه در بوته یکی از مهم‌ترین صفات مربوط به اجزای عملکرد دانه نخود است که اثرات متقابل آن (رسوب ریزگردها × شدت‌های نور) معنی‌دار شد (جدول ۴). تعداد دانه در بوته به‌شدت تحت تأثیر رسوب ریزگردها و شدت‌های متفاوت نور قرار گرفت. بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار شدت نوری ۷۵ درصد و بدون ریزگرد حدود ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون ریزگرد و شدت نور ۱۰۰درصد) افزایش داشت. در شرایط رسوب ریزگردها میزان کاهش بیشتر شد، به‌گونه‌ای که در شرایط رسوب ریزگردها در تیمار شدت نوری ۱۰۰ درصد نسبت به بدون رسوب ریزگردها ۱۵/۴درصد کاهش داشت. این مقدار در تیمار رسوب ریزگردها و شدت نوری صفر درصد (بدون نور مستقیم) به ۴۵ درصد رسید که کاهش قابل توجهی بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌های اثر ساده شدت‌های نور بر شاخص برداشت نشان داد که بین سطوح شدت نور ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰درصد بر شاخص برداشت اختلاف آماری معنی‌داری به دست نیامد و با کاهش شدت‌های نور به ۲۵ و صفر درصد، شاخص برداشت نیز تا حدود ۲۵/۵ درصد کاهش داشت (جدول۶).

وزن۱۰۰دانه نیز در اثر کاهش شدت نور کاهش داشت، ولی مقدار کاهش آن نسبت به سایر صفات عملکرد و اجزای عملکرد مورد بررسی دارای کمترین مقدار بود، به‌گونه‌ای که در تیمار صفر درصد شدت نوری به مقدار ۸/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف شدت‌های نوری بر شاخص برداشت و وزن۱۰۰دانه نخود

Table 6. Mean comparison the effects of different levels of light intensities on harvest index and 100-grain weight of chickpea

شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	شاخص برداشت Harvest index		وزن۱۰۰دانه 100 - grain weight	
	درصد (%)	درصد نسبت به شاهد (% to control)	گرم (g)	درصد نسبت به شاهد (% to control)
100	38.06^{a} ±1.76	100.0	37.8^{ab} ± 0.66	100.0
75	38.00^{a} ± 1.63	99.8	39.3^{a} ±0.93	103.9
50	37.19^{a} ± 1.57	97.7	36.7^{bc} ±0.70	98.0
25	31.68^{b} ± 1.75	83.2	35.2^{c} ± 0.49	93.1
0	28.73^{b} ± 1.38	75.4	34.7^{c} ± 0.84	91.7
LSD (α= 0.05)	4.54	-	2.20	-

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).

± Standard error

بررسی عملکردهای زیست‌توده و دانه و همچنین تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه و علت‌های احتمالی این تغییرات در اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های متفاوت نوری نشان داد که رسوب ریزگردها برای گیاه ایجاد تنش کرده و به عملکردهای زیست‌توده، دانه و تعداد دانه در بوته به ترتیب ۲/۵ ، ۱۶/۷ و ۱۵/۳ درصد خسارت وارد کرده است (در مقایسه با تیمار بدون ریزگرد و شرایط نوری کامل).

نکته مهم و جالب نتایج آزمایش این بود که در شرایط بدون رسوب ریزگرد، تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و شاید بتوان این‌گونه استنباط کرد که گیاه نخود با ۷۵ درصد شدت نوری بعد از مرحله

گلدهی نیاز نوری خود را مرتفع کرده و یا بتوان به‌عنوان گیاهی مناسب که تا کاهش ۲۵ درصد نور رسیده را بعد از مرحله گلدهی تحمل و بدون کاهش عملکرد دانه، طول دوره رسیدگی خود را طی کند، از آن استفاده کرد. اما وقتی‌که رسوب ریزگرد اتفاق می‌افتد، کاهش شدت نور وارده (حتی در ۲۵ درصد هم) باعث کاهش صفات مورد بررسی گردید.

در مورد صفت وزن۱۰۰دانه که فقط تحت تأثیر شدت‌های نوری قرارگرفته است، این‌گونه استنباط می‌شود که همچنان که تنش‌ها (خشکی، گرما، سرما، ماندابی و...) کمترین اثر را بر وزن دانه اکثر محصولات دانه‌ای دارند، در اینجا نیز بیشتر، رسوب ریزگردها به‌عنوان یک تنش بر وزن دانه تأثیر معنی‌دار نداشته و شدت‌های نوری هم اگرچه تأثیر معنی‌داری داشته‌اند، ولی در کل، شدت کاهش به اندازه سایر صفات نبود. به عبارت‌دیگر، بین ۱۰۰ و ۷۵ درصد شدت نور تفاوت معنی‌داری نبود و در کمترین میزان نوری حدود ۸/۲ درصد کاهش نشان دادند. به نظر می‌رسد در شرایط بروز تنش، گیاه، اسیمیلات خود را برای تعداد دانه که به‌اندازه قابل قبول برساند، تنظیم می‌کند و از تولید دانه‌های خیلی ریز و با تعداد زیاد پرهیز می‌کند و تعدادی از آن‌ها را در طی مراحل اولیه تشکیل و به محض ورود به حالت تنش سقط می‌کند (Fenner & Thompson, 2005). در این آزمایش تراکم بوته بر اساس ۳۰ بوته در مترمربع تنظیم و کنترل گردید و چون اختلافی بین کرت‌ها مشاهده نشد، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صورت نگرفت.

در آزمایشی میزان خسارت رسوب ریزگردها به مقدار ۵گرم در مترمربع در ابتدای مرحله رشد رویشی نخود رقم بیونیچ، باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۳۸ درصد شده است. علاوه بر این عملکرد زیست‌توده، تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته را نیز کاهش داده است (Felekari *et al.*, 2017). برخلاف این آزمایش، در کار ما مقدار کاهش عملکرد دانه بین تیمارهای رسوب ریزگرد با شاهد ۱۶/۹ درصد بود. احتمالاً میزان خسارت کمتر مربوط به اعمال تیمار ریزگرد و تأخیر در آن باشد.

در آزمایشی دیگر نیز اثرات ریزگردهای طبیعی و شستشو (به‌عنوان تیمار شاهد) بر صفات مهم زراعی ارقام گندم پیشگام و زرین در منطقه کرمانشاه بررسی شده و نتایج نشان داده است که عملکرد این ارقام به‌ترتیب ۳ و ۱۲ درصد کاهش داشته است که بیشتر تأثیر آن بر تعداد دانه در سنبله بوده است (Shahbazi *et al.*, 2016). در این آزمایش که میزان ریزگرد به صورت طبیعی بوده و قطعاً میزان آن کمتر از میزان رسوب، در آزمایش ما بوده است و به همین دلیل هم میزان کاهش عملکرد کمتر بوده است.

ب- بررسی اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های نور بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

نتایج تجزیه واریانس اثر شدت‌های نور و رسوب ریزگردها بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و کربوهیدرات‌های محلول نشان داد که اثرات ساده ریزگردها و شدت‌های نور بر میزان کلروفیل a، b، کل، نسبت a/b و کاروتنوئیدها و کربوهیدرات محلول که در اواسط پُرشدن دانه نخود بررسی شدند، معنی‌دار، ولی اثرات متقابل بین این اثرات بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین اثرات رسوب ریزگردها بر رنگدانه‌های فتوسنتزی شاهد این موضوع است که میزان کلروفیل a، b، کل، نسبت a/b و کاروتنوئیدها و کربوهیدرات محلول در تیمار رسوب ریزگردها به ترتیب به میزان ۱۳/۵، ۲۱/۷، ۱۵/۷، ۱۰/۷، ۱۸/۸ درصد نسبت به تیمار بدون رسوب ریزگردها (شاهد) کاهش داشتند. برخلاف این صفات، نسبت کلروفیل a به b در تیمار بدون رسوب ریزگرد به مقدار ۷/۰درصد پایین‌تر از تیمار رسوب ریزگردها بود (جدول ۸). کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌های طبیعی محلول در چربی هستند که در گیاهان یافت می‌شوند و نقش مهمی در فرایندهای فتوسنتز بازی می‌کنند. این‌ها به‌عنوان رنگدانه‌های کمکی در گیاهان عالی هستند. چندین تحقیق نشان داده است که مقادیر و نوع آلاینده‌ها می‌تواند بر رشد گیاهان تأثیر بگذارد. در تحقیقی، آلودگی هوای شهری (به‌دلیل داشتن دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و اوزن بالاتر) در مقایسه با هوای فیلترشده بر میزان فتوسنتز و رشد اندام هوایی و ریشه هویج اثرات کاهش داشته است (Tiwari *et al.*, 2006). همچنین در بررسی دیگر، اثر آلودگی‌های صنعتی و وسایل نقلیه بر گندم و کلزا نشان داده است که نسبت به شرایط شاهد، مقدار کلروفیل، کاروتنوئیدها، اسید اسکوربیک، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد کاهش داشته است (Joshi *et al.*, 2009).

بررسی اثر شدت‌های متفاوت نوری بر نخود نیز نشان داد که با افزایش سایه‌اندازی (کاهش شدت نور)، مقادیر رنگیزه‌های مورد بررسی افزایش نشان دادند و در تیمار بدون نور مستقیم به حداکثر مقدار خود رسیدند. به‌عنوان مثال در تیمار بدون نور مستقیم (صفر درصد شدت نوری) میزان کلروفیل a، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a/b و کاروتنوئیدها به ترتیب تا ۲۷/۴، ۷/۷، ۱۰۰/۸، ۴۵/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نور مستقیم) افزایش داشتند.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر شدت‌های نور و رسوب ریزگردها بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود (میانگین مربعات)

Table 7. Analysis of variance the effects of light intensities and dust deposition on some physiological properties of chickpea (mean squares)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل Chlorophyll a	b	Total	کاروتنوئیدها Carotenoides	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	کربوهیدرات‌های محلول Carbohydrates soluble
بلوک Block	2	0.752^{ns}	0.11^{ns}	0.763^{ns}	0.332^{ns}	0.096^{ns}	0.373^{ns}
رسوب ریزگردها (D) Dust deposition (D)	1	67.5**	23.58**	170.8**	3.008*	0.383*	111.7**
شدت نور (L) Light intensity (L)	4	24.96**	10.78**	3.95*	4.92**	5.35**	19.38**
اثرات متقابل D × L Interaction D × L	4	1.29^{ns}	0.665^{ns}	0.679^{ns}	0.371^{ns}	0.052^{ns}	1.279^{ns}
اشتباه Error	18	0.764	0.255	1.083	0.487	0.072	0.574
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.23	6.97	3.73	12.36	8.87	4.08

ns ، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱درصد و ۵درصد

ns, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5% probability levels, respectively

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر رسوب ریزگردها بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

Table 8. Mean comparison the effect of dust deposition on some physiological properties of chickpea

رسوب ریزگردها Dust deposition	کلروفیل Chlorophyll a	b	Total	کاروتنوئیدها Carotenoides	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	کربوهیدرات‌های محلول Carbohydrates soluble میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)
	میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)					
شاهد Control	22.15^{a}	8.13^{a}	30.28^{a}	5.96^{a}	2.90^{b}	20.50^{a}
	±1.60	±0.74	±0.36	±0.50	±0.46	±0.98
رسوب ریزگردها Dust deposition	19.15^{b}	6.36^{b}	25.51^{b}	5.32^{b}	3.12^{a}	16.64^{b}
	±0.80	±0.45	±0.41	±0.30	±0.38	±0.63

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).

± Standard error

برعکس، مقدار صفت کلروفیل b با کاهش شدت نور کاهش داشت و مقدار کاهش نسبت به شاهد ۳۶/۵ درصد بود (جدول ۹).

در آزمایشی تأثیر شدت‌های مختلف نور ۲۴۰، ۵۲۰، ۶۴۰ و ۱۲۰۰ (شاهد، بدون استفاده از تور) میکرومول بر متر مربع بر ثانیه با استفاده از تورهای پلاستیکی بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ دو رقم رز تجاری، بررسی شد. نتایج نشان داد که در شدت نور ۲۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید افزایش یافت و در تیمار شاهد از مقدار آن‌ها کاسته شد (Hatamian *et al.*, 2014). این آزمایش، تأییدی بر نتیجه آزمایش ما می‌باشد، به خصوص از این نظر که نحوه اعمال تیمار تقریباً مشابه بوده است.

کربوهیدرات‌های محلول نیز با کاهش شدت نور کاهش داشت. بیشترین مقدار در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد مستقیم) و کمترین مقدار در تیمار صفر درصد نور مستقیم بود که به مقدار ۲۰/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۹). یکی از مهم‌ترین تأثیرات نور می‌تواند اثرات بر قندهای محلول باشد که مجموعه‌ای از فرایندها را کنترل می‌کند و در کل بحث در مورد آن بدون درنظرگرفتن عوامل دیگر، پیچیده می‌باشد. در آزمایشی کیفیت نور بر جذب دی اکسید کربن در خیار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت نور در برگ‌ها با اثر بر بیان ژن‌ها و یا فعالیت آنزیمی چرخه کلوین در دستگاه فتوسنتزی تأثیر گذار بوده است (Wang *et al.*, 2009).

جدول ۹ - مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف شدت‌های نوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

Table 9. Mean comparison for different levels of light intensities on some physiological characteristics of chickpea

شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	کلروفیل Chlorophyll a	کلروفیل Chlorophyll b	کلروفیل Chlorophyll Total	کاروتنوئیدها Carotenoides	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	کربوهیدرات‌های محلول Carbohydrates soluble
	میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)					میلی‌گرم بر گرم وزن تر (mg g^{-1} fw)
100	18.73[c] ±0.55	8.35[a] ±0.44	27.08[b] ±1.11	4.90[b] ±0.18	2.26[d] ±0.19	20.15[a] ±0.93
75	19.15[c] ±0.61	8.38[a] ±0.60	27.53[b] ±1.12	5.01[b] ±0.19	2.32[d] ±0.32	20.25[a] ±1.11
50	20.40[b] ±0.87	7.75[a] ±0.50	28.15[ab] ±1.22	5.40[b] ±0.13	2.65[c] ±0.08	18.90[b] ±1.05
25	21.1[b] ±1.01	6.45[b] ±0.35	27.55[b] ±1.16	5.75[b] ±0.18	3.28[b] ±0.08	17.50[c] ±0.79
0	23.88[a] ±0.92	5.30[c] ±0.29	29.18[b] ±1.02	7.15[a] ±0.58	4.54[a] ±0.17	16.05[d] ±0.64
LSD (α= 0.05)	1.06	0.61	1.26	0.84	0.32	0.91

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).

± Standard error

کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و کربوهیدرات‌های محلول در اثر رسوب ریزگردها، نشان‌دهنده این موضوع است که این تیمار یک اثر تخریبی و بازدارنده به هر دلیلی بر روی این صفت داشته است. اندازه‌گیری کلروفیل یکی از مهم‌ترین ابزارها برای بررسی اثر آلودگی هوا روی گیاهان است، چون کلروفیل نقش مهمی در متابولیسم گیاه بر عهده دارد، به گونه‌ای که کاهش غلظت کلروفیل به طور مستقیم مسئول کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد گیاه است. همچنین کلروفیل باعث تغییر در تجمع نشاسته شده و رقیق‌سازی آن باعث تنظیم غلظت مواد غذایی در برگ‌ها می‌شود. بر این اساس، در برگ‌های آلوده به ریزگردها کاهش در غلظت کلروفیل، آسیب به کلروپلاست است که بازدارنده بیوسنتز کلروفیل بوده و یا تخریب کلروفیل را افزایش می‌دهند (Marinari *et al.*, 2007). در شرایطی که ریزگردها رسوب می‌کنند، به علت کاهش سنتز کلروفیل و کاروتنوئیدها در اثر کاهش شدت نور مستقیم، میزان رنگیزه‌ها کاهش خواهند داشت. همچنین ورود ریزگردها در بافت‌های گیاهی باعث قلیایی شدن شیره سلولی و ممانعت از فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز رنگدانه‌ها در کلروپلاست می‌شود (Prusty *et al.*, 2005). اثرات تنش خشکی و اعمال ریزگرد (تیمارهای شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم ریزگرد در مترمکعب فضای ایجاد شده) بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه ماش (رقم پرتو) بررسی شده است و نتایج نشان داده است که در شرایط تنش خشکی کلروفیل کاهش پیدا کرده، ولی در تیماری که اعمال ریزگرد وجود داشته است، مقدار کاهش شدیدتر بوده است. در این آزمایش همچنین میزان قندها و پروتئین‌های محلول برگ با افزایش ریزگرد افزایش داشته است (Fateminezhad *et al.*, 2017).

ج - اثر رسوب ریزگردها و شدت‌های نوری بر کارآیی مصرف آب بر نخود

نتایج تجزیه واریانس اثر رسوب ریزگردها و سطوح مختلف شدت نور بر کارآیی مصرف آب (بر اساس وزن خشک کل و دانه) نخود نشان داد که اثرات ساده و متقابل بین آن‌ها بر این دو صفت بسیار معنی‌دار بود (جدول ۱۰).

چون کارآیی مصرف آب از نظر فیزیولوژیک از تقسیم ۱۰۰۰(واحد گرم) به واحد آب مصرف‌شده برای تولید به‌دست می‌آید (Sarmadnia & Koocheki, 2014)، هرچه مقدار کارآیی مصرف آب بیشتر باشد، مطلوب‌تر است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با کاهش شدت نور و در شرایط رسوب ریزگردها، کارآیی مصرف آب تا ۵۰/۵ درصد کاهش داشت (جدول ۱۱).

رسوب ریزگرد در مقایسه با غیرریزگرد (تیمار شاهد)، کارآیی مصرف آب (بر اساس ماده خشک کل) را ۲۴/۴ درصد کاهش داد. احتمالاً در شرایط رسوب ریزگردها به دلیل افزایش دما (با تیره‌شدن سطح برگ و جذب نور بیشتر) و افزایش میزان تعرق (برای خنک‌شدن سیستم برگ و اندام‌های فتوسنتزی)، آب بیشتری نسبت به شرایط شاهد (مطلوب) از دست داده است و در عوض نسبت به آب ازدست رفته ماده خشک کمتری تولید کرده است.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر رسوب ریزگردها و سطوح شدت نور بر کارآیی مصرف آب در نخود (میانگین مربعات)

Table 10. Analysis of variance for the effect of dust deposition and light intensities on water use efficiency in chickpea (mean squares)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کارآیی مصرف آب Water use efficiency	
		برای عملکرد کل Biological yield (or WUE_{BY})	برای عملکرد دانه Grain yield (or WUE_{GY})
بلوک Block	2	0.003[ns]	0.457[ns]
رسوب ریزگردها (D) Dust deposition (D)	1	0.764[**]	113.73[**]
شدت نور (L) Light intensity (L)	4	0.13[**]	45.91[**]
اثرات متقابل D × L Interaction D × L	4	0.013[**]	3.044[*]
اشتباه Error	18	0.003	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.60	9.45

ns ، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱درصد و ۵درصد

ns, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5% probability levels, respectively

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای رسوب ریزگردها و شدت‌های نور بر کارآیی مصرف آب در نخود

Table 11. Mean comparison the interactions of dust deposition and light intensities on water use efficiency in chickpea

تیمارها Treatments		کارآیی مصرف آب Water use efficiency گرم ماده خشک تولیدی به ازای کیلوگرم آب مصرفی (g dry matter / kg water)	
رسوب ریزگردها Dust deposition	شدت‌های نور (درصد) Light intensity (%)	برای عملکرد کل Biological yield (or WUE_{BY})	برای عملکرد دانه Grain yield (or WUE_{GY})
شاهد	100	0.03±1.23[a]	0.023 ±0.44[a]
Control	75	0.02±1.29[a]	0.025 ±0.49[a]
	50	0.02±1.02[b]	0.010 ±0.38[b]
	25	0.02±0.94[bc]	0.015 ±0.32[cd]
	0	0.03±0.89[cd]	0.012 ±0.26[d]
رسوب ریزگرده	100	0.01±0.93[bc]	0.020 ±0.37[bc]
Dust deposition	75	0.01±0.81[de]	0.012 ±0.30[d]
	50	0.03±0.73[ef]	0.018 ±0.27[d]
	25	0.06±0.69f[g]	0.012 ±0.20[e]
	0	0.02±0.61[g]	0.012 ± 0.16[e]
LSD (α= 0.05)		0.093	0.054

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) می‌باشد.

± خطای استاندارد

In each column similar letter indicates no significant difference at 5% probability level (least significant difference test).
± Standard error

علاوه بر تیمار ۷۵ درصد شدت نور که با تیمار شاهد اثرات معنی‌داری بر راندمان مصرف آب ایجاد نکرد، سایر تیمارهای کاهش شدت نور باعث کاهش راندمان مصرف آب شدند. همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، چون در تیمارهای شدت‌های نوری کمتر، ماده خشک کمتری تولید شده، پس کارآیی مصرف آب نیز کاهش داشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کارآیی مصرف آب برای دانه در این آزمایش، دارای روال مشابهی با تغییرات کارآیی مصرف آب برای کل ماده خشک بود، ولی مقدار آن به نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده کاهش داشت و دارای نوساناتی بین ۰/۱۶ تا ۰/۴۹ بود (جدول ۱۱).

در اهمیت کارآیی مصرف آب در شرایط تنش، نتایج تحقیقات دیگران نیز مشابه با نتایج این آزمایش بود. مثلاً در آزمایشی ارقام نخود آزاد، هاشم و آرمان در شرایط آب و هوایی

اصفهان به صورت دیم و آبیاری دیم بررسی گردید. نتایج نشان داد که ارقام کارآیی مصرف آب در شرایط دیم (در محدوده بین ۰/۱۸ تا ۰/۲۲) پایین‌تر از تیمار آبیاری تکمیلی (در محدوده بین ۱/۵۲ تا ۱/۸۰) بوده است که دلیل کم‌بودن کارآیی مصرف آب در شرایط دیم نسبت به شرایط کار حاضر، به پایین‌بودن میزان بارندگی و کاهش عملکرد در منطقه اصفهان مربوط بوده است (Jalali, 2019).

در آزمایشی دیگر، کارآیی مصرف آب برای دانه نخود با تیمارهای رژیم های آبیاری (آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد)، مواد ضدتعرق و کاهنده تعرق (محلول‌پاشی با کلرید سدیم و سلنات سدیم) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر چه آبیاری تکمیلی در مراحل آخر رشد صورت گرفته است، کارآیی مصرف آب افزایش داشته است و همچنین تیمارهای ضدتعرق نیز کارآیی مصرف آب را نسبت به تیمار شاهد بالا برده است. در کل در این آزمایش، کارآیی مصرف آب برای دانه بین ۰/۲۳ تا ۰/۷۰ متغیر بوده است (Mohammadi *et al.*, 2018). در کل، نتایج دو آزمایش ذکر شده با نتایج کار انجام شده مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که رسوب ریزگردها از مرحله گلدهی به بعد باعث خسارت به صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، رنگیزه‌های فتوسنتزی و کارآیی مصرف آب شد. میزان این خسارت برای عملکرد زیست‌توده ۲۴/۴ درصد، عملکرد دانه ۱۶/۸، تعداد دانه در بوته ۱۵/۴درصد، کلروفیل a ۱۳/۵ درصد، کلروفیل b ۲۱/۷ درصد، کاروتنوئیدها ۱۰/۷ درصد، کربوهیدرات‌های محلول ۱۸/۸درصد و کارآیی مصرف آب ۲۴/۶ درصد بود. با کاهش شدت نور تا ۷۵درصد در شرایط بدون ریزگرد (تیمار شاهد)، عملکرد ماده خشک کل، عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته کاهش معنی‌داری نداشتند، ولی در تیمار رسوب ریزگردها با کاهش شدت نور از ۱۰۰ درصد مقادیر صفات عملکرد و اجزای عملکرد کاهش شدیدی داشتند. به طور کلی نتایج، نشان‌دهنده آن است که رسوب ریزگردها بر سطح برگ نخود، در شرایط دیم به عملکرد گیاه خسارت وارد می‌کند و به کشاورزان توصیه می‌شود در کشت و کار در اطراف تأسیسات تولیدکننده ریزگرد، به صدمات وارده به محصول توجه نمایند.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdeshah, H., and Kazemian, A. 2019. Iran Agriculture Statistics in 2017-2018: Crop Plants. Ministry of Agriculture-Jahad Press, 87 p. (In Persian).
2. Arnon, D.T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.
3. Chauhan, A., and Joshi, P. 2010. Effect of ambient air pollutants on wheat and mustard crops growing in the vicinity of urban and industrial areas. New York Science Journal 3(2): 52-60.
4. Doley, D., and Rossato, L. 2010. Mineral particulates and vegetation: Modelled effects of dust on photosynthesis in plant canopies. Air Quality and Climate Change 44(2): 22-27.
5. Emberson, L., Ashmore, M., Murray, F., Kuylenstierna, J., Percy, K., Izuta, T., Zheng, Y., Shimizu, H., Sheu, B., and Liu, C. 2001. Impacts of air pollutants on vegetation in developing countries. Water, Air, and Soil Pollution 130(1-4): 107-118.
6. Escudero, M., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Pérez, N., Ferreira, F., Alonso, S., Rodríguez, S., and Cuevas, E. 2007. A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks. Atmospheric Environment 41: 5516-5524.
7. Fateminezhad, P., Lari Yazdi, H., and Rafiee, M. 2017. Effect of aerosols and drought stresses on some physiological traits of Mungbean (*Vigna radiata* L.). Applied Field Crops Research 30(2): 19-30. (In Persian with English Summary).
8. Felegari, H., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Jalali-Honarmand, S., and Saeidi, M. 2017. Effect of dust deposition on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed and supplemental irrigation conditions in Kermanshah. Agroecology 9(2): 535-544. (In Persian with English Summary).
9. Fenner, M., and Thompson, K. 2005. The Ecology of Seeds. Cambridge University Press. 250 p.
10. Goudie, A., and Middleton, N.J. 2006. Desert dust in the global system. Agricultural Systems 80: 110-121.
11. Hatamian, M., Arab, M., and Rozban M.R. 2014. Photosynthetic and nonphotosynthetic pigments of two rose cultivars under different light intensities. Journal of Crop Improvement 16(2): 259-270. (In Persian with English Summary).

12. Jacovides, C.P., Tmvios, F.S., and Papaioannou, G. 2004. Ratio of PAR to broad b and solar radiation measured in Cyprus. Agricultural and Forest Meteorology 121: 135-140.
13. Jalali, A.H. 2019. Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars under rainfed and irrigation condition. Iranian Journal of Pulses Research 10(1): 52-62. (In Persian with English Summary).
14. Johnson, D., and Hale, B. 2004. White birch (*Betula papyrifera* Marshall) foliar litter decomposition in relation to trace metal atmospheric inputs at metal-contaminated and uncontaminated sites near Sudbury. Ontario and Rouyn-Nor and a, Quebec, Canada. Environmental Pollution 127: 65-72.
15. Joshi, N., Chauhan, A., and Joshi, P.C. 2009. Impact of industrial air pollutants on some biochemical parameters and yield in wheat and mustard plants. Environmentalist 29: 398-404.
16. Kiniry, J.R. 1993. Nonstructural carbohydrate utilization by wheat shaded during grain growth. Agronomy Journal 85: 844-849.
17. Kumar S., and Thambavani S. 2012. Effect of cement dust deposition on physiological behaviors of some selected plant species. International Journal of Science and Technology Research 1(9): 98-105.
18. Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a, and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.
19. Marinari, S., Calfapietra, C., Angelis, P.D., Mugnozza, G.S., and Grego, S. 2007. Impact of elevated CO_2 and nitrogen fertilization on foliar elemental composition in a short rotation poplar plantation. Environmental Pollution 147: 507-515.
20. Mohammadi, H., Sepehri, A., and Sabaghpour., H. 2018. Effect of antitranspirants substances and drought stress ameliorator on leaf area duration, water use efficiency and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation regimes. Applied Field Crops Research 31(2): 92-118. (In Persian with English Summary).
21. Najafi, M.S., Khoshakhllagh, F., Zamanzadeh, S.M., Shirazi, M.H., Samadi, M., and Hajikhani, S. 2014. Characteristics of TSP loads during the Middle East springtime dust storm (MESDS) in Western Iran. Arabian Journal of Geosciences 7: 5367-5381.
22. Norouzi, A.A. 2018. Investigating the impact of dust phenomenon on crop reduction in Western Iran. In: Proceeding of the 3rd National Conference on Soil Conservation and Watershed Management. June 30-31, 2018. Institute for Soil Conservation and Watershed Management, Tehran. p. 613-617. (In Persian).
23. Norouzi, S., Khademi, H., Cano, A.F., and Acosta, J.A. 2016. Biomagnetic monitoring of heavy metals contamination in deposited atmospheric dust, a case study from Isfahan, Iran. Journal of Environmental Management 173: 55-64.
24. Osram, S. 2000. Photosynthetically Active Radiation (PAR) Units. National Customer Support Center, N. Union Street 18725, Westfield, In 46074 USA, Available at Web site http:// www.sylvania.com.
25. Prajapati, S.K. 2012. Ecological effect of airborne particulate matter on plants. Environmental Skeptics and Critics 1(1): 12-19.
26. Prajapati, S.K., and Tripathi, B.D. 2008. Seasonal variation of leaf dust accumulation and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution. Journal of Environmental Quality 37(3): 865-870.
27. Prospero, J.M., and Lamb, P.J. 2003. African droughts and dust transport to the Caribbean: climate change implications. Science 302: 1024-1027.
28. Prusty, B., Mishra, P., and Azeez, P. 2005. Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 228-235.
29. Rai, P.K., Panda, L.L., Chutia, B.M., and Singh, M.M. 2013. Comparative assessment of air pollution tolerance index (APTI) in the industrial (Rourkela) and non industrial area (Aizawl) of India: An ecomanagement approach. African Journal of Environmental Science and Technology 7: 944-948.
30. Sadeghiravesh, M.H., and Khorasani, N. 2009. Investigation of dust effects resulting from cement industries on variation and density of rangeland vegetation cover case study: Abyek cement factory. Journal of Environmental Science and Technology 11(1): 107-1120. (In Persian with English Summary).
31. Sajja, S.B., Samineni, S., and Guar, P.M. 2017. Botany of Chickpea. The Chickpea Genome, Springer International Publishing, 13-24.
32. Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 2014. Physiology of Crop Plants. Ferdowsi University of Mashhhad Press, 400 P. (In Persian).
33. SAS, 2008. SAS/STAT software, version 9.2 of the SAS system for windows. SAS Institute Inc.Cary, NC, USA.

34. Shahbazi, T., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., and Nosratti, I. 2016. Evaluation the effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (*Triticum* sp.). Journal of Plant Process and Function 5(15): 195-204. (In Persian with English Summary).
35. Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Jafarzade Haghighifard, N., Naimabadie, A., Mahmoudian, M., Saki, H., Saolati, M.H., Solaimani, Z., and Nadafi, K. 2011. Dust storms: Environmental and health impacts. Journal of North Khorasan University of Medical Science 2(4): 45-56. (In Persian with English Summary).
36. Shao, Y., Wyrwoll, K.H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G.H., Mikami, M., Tanaka, T.Y., Wang, X., and Yoon, S. 2011. Dust cycle: An emerging core theme in earth system science. Aeolian Research 2(4): 181-204.
37. Sharma, S.B., and Kumar, B. 2016. Effects of stone crusher dust pollution on growth performance and yield status of rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 5: 796-806.
38. Sivakumar, M.V. 2005. Impacts of sand storms/dust storms on agriculture. Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture. Springer. Chapter 10: 159-177.
39. Syyahi, N., Meskarbashee, M., Hassibi, P., and Shomeili, M. 2016. Effect of dust on chlorophyll fluorescence parameters and photosynthetic characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Ahvaz. Journal of Plant Production Research 22(3): 277-293. (In Persian with English Summary).
40. Tanaka, T.Y., and Chiba, M. 2006. A numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget. Global and Planetary Change 52(1): 88-104.
41. Tegen, I., Hollrig, P., Chin, M., Fung, I., Jacob, D., and Penner, J. 1997. Contribution of different aerosol species to the global aerosol extinction optical thickness: Estimates from model results. Journal of Geophysical Research 102(23): 895-915.
42. Tiwari, S., Agrawal, M., and Marshall, F.M. 2006. Evaluation of ambient air pollution impact on carrot plants at a sub urban site using open top chambers. Environmental Monitoring and Assessment 119: 15-30.
43. Wang, H., Gu, M., Cui, J., Shi, K., Zhou, Y., and Yu, J. 2009. Effects of light quality on CO_2 assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in Cucumis sativus. Journal of Photochemistry and Photobiology 96: 30-37.
44. Wang, S., Yuan, W., and Shang, K. 2006. The impacts of different kinds of dust events on PM10 pollution in northern China. Atmospheric Environment 40: 7975-7982.
45. Wang, X., Oenema, O., Hoogmoed, W., Perdok, U., and Cai, D. 2006. Dust storm erosion and its impact on soil carbon and nitrogen losses in northern China. Catena 66: 221-227.
46. Wang, Z., Yin, Y., He, M., Zhang, Y., Lu, S., Li, Q., and Shi, S. 2003. Allocation of photosynthates and grain growth of two wheat cultivars with different potential grain growth in response to pre-and post-anthesis shading. Journal of Agronomy and Crop Science 189: 280-285.
47. Wijayratne, U.C., Scoles-Sciulla, S.J., and Defalco, L.A. 2009. Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered *Astragalus jaegerianus* (Fabaceae). Madroño 56(2): 81-88.
48. Xuan, J., Sokolik, I.N., Hao, J., Guo F., Mao, H., and Yang, G. 2004. Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia. Atmospheric Environment 38: 6239-6252.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 69-84 (Original Research Article)

Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions

Ranjbar[1], Siamac; Ghobadi[2*], Mohammad-Eghbal; and Ghobadi[3], Mokhtar

1. MSc. in Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University; siaranj@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University; m.ghobadi@yahoo.com

Received: 18 April 2020; **Revised:** 10 July 2020
Accepted: 19 October 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86464

How to cite this article:
Ranjbar, S., Ghobadi, M.E., and Ghobadi, M. 2021. Influence of dust deposition and light intensity on yield and some agro-physiologic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry conditions. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 69-84.

Introduction

Dust creates fine particulate matter and industrial and urban pollutants including factories of cement, gypsum, stone crasher, flour, daily winnowing of grain storage silos, heavy and light machinery traffic on dirt roads, car smoke and burning oil derivatives, power plants, etc. The dust damages the plants in various forms. The first damage the photosynthetic system by entering through the pores, and then by deposition on the leaf surface, reducing the light reached to the leaf, reducing the amount of photosynthetic pigments, changing the leaf temperature, and reducing the quantum yield, reducing the assimilation and closing stomata, exacerbated fungal and bacterial activity, pests and diseases, and ultimately reduce growth and yield. The amount of damage to the plant depends on the type of plant, cultivar, leaf area characteristics, the growth stage of the dust on the leaf surface, the type of dust and wind speed, the amount of dust thickness on the leaf, and the irrigation regime. Accordingly, the simulation of the effect of dust deposition and the reduction of light intensity due to it and their interactions on the growth and yield of chickpea cultivar Bivanich was performed as the dominant cultivar in the region.

Materials and Methods

This experiment was carried out to investigate the effect of dust and light intensity on yield and some physiological and agronomic characteristics of chickpea cv. Bivanich, at the Research Field, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran in 2016-2017. Experiment was Factorial based on randomized complete block design with three replications. Factors included light intensity (100, 75, 50, 25 and 0% light intensity) and dust deposition at flowering onset and no dust deposition. Sowing date was in late March 2016 in dryland with 25 cm line spacing and 13.5 cm inter-plant spacing in 6 lines with 3 m plots long. Shading was applied with plastic wrap fasteners that were 1 cm wide. The amount of chlorophylls a, b, total and carotenoides and soluble carbohydrates were investigated in mid grain filling. Yield traits and components of grain yield were studied at physiological maturity. The water requirement and water use efficiency were calculated for both total dry matter and grain yield. The data were analyzed by SAS software and the means were compared with LSD at 5% probability level.

* **Corresponding Author:** eghbalghobadi@yahoo.com

Results and Discussion

The results showed that from flowering stage, the interaction effects of dust deposition and different light intensities were significant on yield traits such as biomass yield, grain yield and number of seeds per plant. Both biomass and grain yields at 100 and 75% light intensities were not significantly different in non-dust treatments, but the number of seeds per plant decreased at 75% light intensity compared to 100%. In dust conditions, there was a significant difference between the light intensities of 75% and 100%, which was reduced significantly. This indicates that the deposition of the dust by increasing stress on the plant increased the sensitivity of chickpea to the amount of light intensity. In this experiment, the number of grains per plant was ranged between 13.6 to 16.9 for the light intensity levels and 9.3 and 14.3 between the dust conditions. The effects of dust deposition on the 100-grain weight were not significant but were significant due to light intensities and the light intensity of 0% decreased maximum of 8.4%. The effects of two treatments on photosynthetic pigments and soluble carbohydrates were significant. In general, the dust deposition reduced the amount of photosynthetic pigments and soluble carbohydrates. With decreasing light intensities decreased chlorophyll a and carotenoids, but increased chlorophyll b and total chlorophyll. Water requirement and water use efficiency were also affected by treatments.

Conclusion

In general, the results showed that the deposition of dust from flowering stage caused damage to biomass yield, grain yield, grain number per plant, 100 seed weight, photosynthetic pigments and water use efficiency. Rate of this damage for biomass yield was 24.4%, grain yield 16.8%, grain number per plant 15.4%, chlorophyll a 13.5%, chlorophyll b 21.7%, carotenoids 10.7%, soluble carbohydrates 18.8% Water use efficiency was 24.6%. By reducing the light intensity up to 75% were not significantly decreased in no-dust conditions (control treatment), total dry matter yield, grain yield and grain number per plant. Effect of light intensity reduction from 50% (at no dust treatment) until 0% (without direct light) reduced the most important traits such as biomass yield, grain yield and grain number per plant, but in dust treatment with decrease in light intensity from 100% decreased significant. Both the deposition of dust and the reduction in light intensity had severe effects on the water use efficiency of chickpea. Accordingly, the ranges of changes were for water use efficiency between 0.61 and 1.23 (based on total dry matter).

Keywords: Photosynthetic pigments، Soluble carbohydrates، Water use efficiency